

## Une campagne de mesures sur le climat urbain et la qualité de l'air de la région parisienne

Paname 2022 est une campagne de mesures météorologiques qui concerne l'étude de l'atmosphère de la région parisienne en 2022 et 2023, dont la période d'observations intensives (notamment avec un avion instrumenté) s'est déroulée entre mi-juin et mi-juillet 2022. Cette campagne expérimentale est le fruit de la coordination entre une dizaine de projets de recherches, aux questions scientifiques variées, allant du climat urbain et la structure de l'îlot de chaleur urbain à la qualité de l'air, l'évolution des panaches de pollution, les émissions de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) en ville ou le comportement de la végétation urbaine. De plus amples détails sur ces projets scientifiques sont accessibles sur le site de l'Institut national des sciences de l'univers (Insu)<sup>1</sup>. De nombreux scientifiques du CNRS, de Météo-France, de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) et de divers autres laboratoires de recherche français et étrangers mobilisent ainsi de nombreux instruments de mesures, rarement mis en œuvre en milieu urbain et certains complètement inédits et novateurs.

Une canicule exceptionnellement précoce du 13 au 18 juin a marqué le tout début de la campagne. Le temps a ensuite été plus varié, avec notamment des orages, avant une seconde période très chaude mi-juillet.

### PANAME 2022

Un phénomène météorologique récurrent en ville est l'îlot de chaleur urbain : la ville est parfois bien plus chaude que la campagne en période nocturne, ce qui a de fortes conséquences en période de canicule<sup>2</sup>.

La structure spatiale mais aussi verticale de l'îlot de chaleur urbain sont observées à partir de divers moyens de mesures. Une cinquantaine de radiosondages par ballons lancés depuis Paris *intra-muros* (quai de Bercy) ont permis de caractériser le faible refroidissement de l'air au-dessus de la ville en début de soirée, alors que la couche limite nocturne est déjà bien formée en zone périurbaine éloignée, comme le montre un sondage additionnel lancé à Trappes à la même heure (figure 1). Un nouveau système de mini-radiosondages a permis de compléter le dispositif en observant la couche limite urbaine sur des sites contrastés de la capitale, notamment les parcs urbains et certains quartiers plus minéraux. Les premières observations semblent montrer un refroidissement important dans les 100 premiers mètres de

l'atmosphère au-dessus des grands bois (environ 1 000 ha) avec des refroidissements au sol pouvant atteindre 5 à 7 °C, mais également des parcs de taille plus modérée (environ 20 ha), où le refroidissement peut atteindre 3 °C par rapport aux quartiers bâtis. Sur le plan horizontal, des mesures itinérantes à pied, à trottinettes, à vélo ou en voiture à l'intérieur de l'agglomération parisienne ont été réalisées lors de plusieurs nuits, en particulier lors de l'épisode chaud de mi-juin. Elles montrent des contrastes (1 à 3 °C) à des échelles fines entre les espaces urbanisés et les espaces verts (place des Vosges, parc de Bercy...), au-delà du gradient centre-périphérie qui caractérise l'îlot de chaleur urbain.

Ces résultats seront à approfondir et à croiser avec les mesures par télédétection de la structure verticale de la couche limite, de la température et l'humidité, ainsi que les vitesse et direction du vent, réalisées par 15 instruments (lidars, radiomètres, radars) déployés sur divers sites urbains (université Paris-Cité dans le

1. <https://www.insu.cnrs.fr/fr/Paname>

2. cf film où y est décrite la stratégie scientifique mise en œuvre durant Paname pour l'étudier : [https://www.lemonde.fr/sciences/video/2022/07/08/ilots-de-chaleur-quel-climat-urbain-pour-demain\\_6133990\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/video/2022/07/08/ilots-de-chaleur-quel-climat-urbain-pour-demain_6133990_1650684.html)

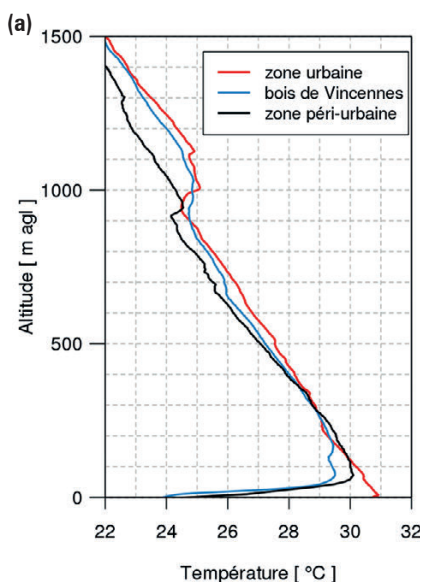


Figure 1. (a) Profils de température en zone urbaine (quai de Bercy), au bois de Vincennes et en zone périurbaine (Trappes) le 17 juin à 20 h TU (22 h, heure locale). Crédit figure : Simone Kotthaus, IPSL/CNRS. (b) Lancement de ballon météorologique conventionnel au quai de Bercy. Crédit photo : Cyril Frésillon CNRS.



Figure 2. Sites de mesures : de haut en bas et de gauche à droite, dans la forêt de Rambouillet ; dans le jardin de l'hôtel de ville de Paris, au Sirta (infrastructure de recherche Actris, <https://www.actris.eu/>) sur le plateau de Saclay, avion ATR 42 opéré par Safire et à l'université Paris-Cité. Crédits : Ludovico Di Antonio, Lisa ; Juliette Leymarie ; Tristan Paviot, CEA ; Paola Formenti, Lisa ; Aline Gratien, Lisa).

13<sup>e</sup> arrondissement), périurbains (observatoire atmosphérique Sirta sur le plateau de Saclay) et quasi ruraux (proche aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle), qui montrent aussi des différences significatives sur l'épaisseur de la zone de rafraîchissement nocturne, zone qui apparaît plus tardivement en ville. Des mesures du bilan d'énergie de surface vont permettre de caractériser les échanges de chaleur et d'eau entre divers types de surfaces (rurales, périurbaines, urbaines) et l'atmosphère sus-jacente.

En lien avec les problématiques de rafraîchissement urbain, le comportement des végétaux urbains en situation de stress, notamment hydrique, est exploré grâce à une expérimentation dans le jardin de l'hôtel de ville de Paris (figure 2). Des mesures d'émissions de composés organiques volatils (COV) de différentes espèces de végétaux y ont été effectuées et associées à une caractérisation physiologique. Les émissions semblent très variables selon les espèces. Ces mesures de COV émis par la végétation seront mises en relation

avec celles de COV réalisées en parallèle dans l'air ambiant à l'hôtel de ville. Ces mesures en air ambiant et celles des autres polluants (gazeux et particulaires) permettront, *via* également l'utilisation de modèles, de mieux estimer les contributions biogéniques et anthropiques des particules secondaires.

Afin de mieux comprendre les mécanismes responsables de la pollution de l'air, une centaine d'instruments de mesure des composés gazeux et particulaires ont été déployés sur différents



Figure 3. À gauche : survol proche d'une zone périurbaine entourée de forêts. Au milieu et à droite : équipements scientifiques et personnels scientifiques en action. Crédit : Cyrielle Denjean.

sites de mesure au sol et dans l'avion de recherche ATR 42 opéré par Safire (figure 2). La localisation des différents sites de mesure au sol et les plans de vols de l'avion ont été choisis pour étudier l'évolution de la composition chimique du panache de pollution au cours de son transport dans l'atmosphère en conditions anticycloniques et donc favorables à une photochimie intense. Il s'agit en particulier de mieux comprendre comment le mélange des masses d'air urbaines avec les émissions des forêts environnantes modifie les processus physico-chimiques atmosphériques et quel est l'impact en termes de qualité de l'air et de climat. La disposition des différents sites de mesures au sol est organisée selon un axe nord-est/sud-ouest avec deux sites dans Paris *intra-muros* (Université Paris-Cité et Sorbonne Universités), un site périurbain (observatoire atmosphérique Sirta), un super-site forestier comprenant une tour de 40 mètres (forêt de Rambouillet) et un site aval éloigné (Orléans). Le volet aéroporté s'est traduit par près de 50 heures de vol en région parisienne et dans ses environs au cours de 13 vols scientifiques (figure 3). L'avion a pu échantillonner plusieurs fois un même panache de pollution à différentes distances de Paris afin d'identifier les sources et les transformations de ces composés chimiques, et cela au-dessus de surfaces variées et dans des masses d'air soumises à diverses influences. La campagne a été marquée par plusieurs jours de mesures présentant les conditions idéales d'intérêt pour le projet, avec un panache parisien transporté vers le sud-ouest et donc échantillonné sur l'ensemble des sites au sol à différentes phases de leur

évolution. Réalisés en condition de vent faible, les vols ont permis de mettre en évidence la répartition hétérogène des polluants, le panache de pollution depuis Paris pouvant s'étendre jusqu'à 200 km de l'agglomération.

Toutes ces données sont précieuses pour mieux comprendre la dynamique de ces phénomènes et évaluer la qualité des systèmes de modélisation, de prévision météorologique et de qualité de l'air. En ce qui concerne les problématiques d'îlot de chaleur urbain ou d'influence des villes sur les orages, des simulations météorologiques sur la région, avec les modèles Arome à 500 mètres et Meso-NH à 100 mètres de résolution, sont ainsi réalisées chaque jour au cours de l'été 2022. La campagne Paname, avec les mesures déjà récoltées, mais aussi certaines mesures en continu qui seront poursuivies jusqu'en 2023 (notamment au sol ou par télédétection), offre donc des observations clefs qui sont organisées et mises à disposition *via* le pôle de données national Aeris (<https://paname.aeris-data.fr/>). Elles seront exploitées par les scientifiques pendant de nombreuses années afin d'améliorer notre connaissance des processus en jeu dans l'atmosphère au-dessus des villes.

## Remerciements

La composante expérimentale de la période d'observations intensives de Paname 2022 en juin et juillet 2022 a été conduite dans le cadre de plusieurs projets (RDP, H2C, Across, Street, Dynamics, action Cost Probe) financés entre autres par l'Agence nationale

pour la recherche, le programme Make our planet great again, Météo-France, le UK Met Office, l'Insu, la Région Île-de-France, l'Union européenne et l'Organisation météorologique mondiale. De très nombreux laboratoires de recherche ont fourni du personnel et de l'expertise pour contribuer à la réussite de Paname 2022.

**Valéry Masson, Aude Lemonsu, Pauline Martinet, Cyrielle Denjean**

*Centre national de recherches météorologiques, Météo-France, CNRS*

**Christophe Boissard**

*Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, IPSL, Université Paris Cité, Paris*

**Chris Cantrell, Vincend Michoud**

*Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques, IPSL, Université Paris-Est-Créteil, Paris*

**Valérie Gros**

*Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, IPSL, CNRS, Paris*

**Martial Haeffelin, Simone Kotthaus**

*Institut Pierre-Simon Laplace, CNRS, Paris,*

**Juliette Leymarie**

*Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris, Université Paris Est Créteil*

**Malika Madelin**

*Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (Prodig), Université Paris-Cité, CNRS/IRD, Paris*

**Jeremy Price**

*United Kingdom Met Office, Exeter, Royaume-Uni*

Et de très nombreux scientifiques et personnels de plusieurs laboratoires de recherche.

### Pour en savoir plus

<https://www.insu.cnrs.fr/fr/Paname>